

渦電流アレイプローブを用いた表面欠陥検査技術

Surface Inspection Technique with an Eddy Current Testing Array Probe

(株)日立製作所

西水 亮 Akira NISHIMIZU Non-Member

遠藤 久 Hisashi ENDO Member

藤間 正博 Masahiro TOOMA Member

日立 GE ニューカリア・エナジー (株)

大谷 健一 Kenichi OTANI Non-Member

大内 弘文 Hirofumi OUCHI Non-Member

吉田 功 Isao YOSHIDA Non-Member

野中 善夫 Yoshio NONAKA Non-Member

Abstract

An eddy current testing (ECT) system has been developed for inspecting weld surfaces of components in the reactor pressure vessel of nuclear plants. The system can be applied to curved surfaces with an ECT array probe, it can discriminate flaws from other signal factors by using a combination of arrayed coils signal-phase. The system is applied to a mock-up of core internal components and the signal discrimination using the signal-phase clearly separated flaw and noise signals.

Keywords: Surface Inspection Technique, Eddy Current Testing, Array Probe

1. 緒言

国内の原子力発電所においては、運転年数が30年を超えるプラントの増加に伴い、機器の検査・診断が重要になっている。表面検査に関しては、渦電流探傷試験(Eddy Current Testing 以下、ECTと記す。)の指針 JEAG4217-2010が(社)日本電気協会より発行され適用に関する整備が進んでいる。

炉内の検査では、図1に示す圧力バウンダリである炉内構造物と圧力容器との溶接線が重要な検査部位である。表面は曲面形状で、グラインダ等で仕上げられていることから、検査が難しい部分となっている。日立では、このような箇所に対する表面検査技術として、ECTアレイプローブを用いて複雑形状を迅速に検査するシステムを開発した。

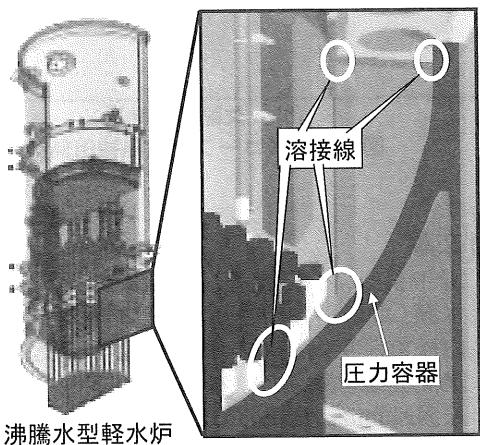


図1 炉内構造物の溶接部

連絡先: 西水亮, 〒319-1221 茨城県日立市大みか町7-2-1, (株)日立製作所, 電話: 0294-52-9432, E-mail: akira.nishimizu.gg@hitachi.com

2. 渦電流探傷システム

曲面形状の溶接部に生じる表面欠陥を迅速に検査するために、形状に沿って曲がるアレイプローブを開発した^[1]。図2(a)に示すように、プローブは可とう性を有する基板にコイルを多数配列したアレイ構造とした。これにより、曲面部の探傷を可能とした。また、同図(b)に示す励磁コイルと検出コイルの位置関係が異なる検出モード(VモードとHモード)を利用して、プローブ走査方向に対してあらゆる方向の欠陥を高精度に検出できる。

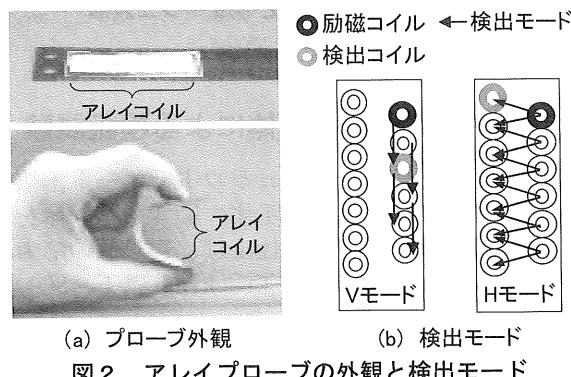
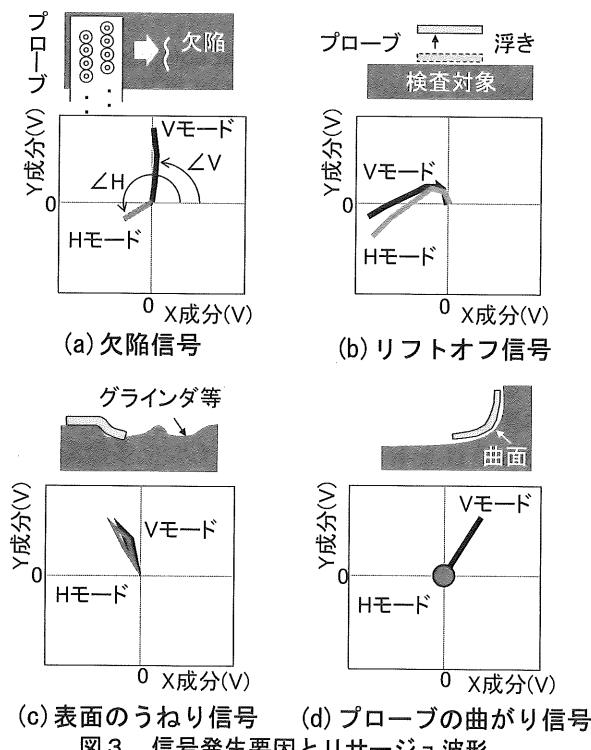


図2 アレイプローブの外観と検出モード

溶接部はグラインダによる仕上げ面のため、ECTでは表面の凹凸(うねり)等に起因するノイズ信号が発生する。このような環境下においても、欠陥とノイズ信号を識別できる技術を開発した^[2]。この技術は2つの検出モードであるV及びHモードの信号位相の関係を利用する。図3は信号の発生要因とリ

サーボ波形を示す。ノイズ要因は上述の他に、プローブと検査面との距離（リフトオフ）の変化やプローブの曲がりによる信号がある。同図（a）に示すリサーブ波形から分かるように、欠陥信号はVモードの位相 $\angle V$ 及びHモードの位相 $\angle H$ が大きく異なる特徴的な傾向を示す。この特徴を有する部分を抽出することで欠陥信号を特定する。

探傷システムは、アレイプローブ専用探傷器、検査部にプローブを押付け走査する装置、データ収録装置、及び探傷データの分析として欠陥とノイズの自動識別機能、欠陥の表面長さ評価機能を有する。



3. 実機形状模擬試験体による検証試験

検証試験の一例としてシュラウドサポート溶接部模擬試験体を用いた結果を示す。図4に試験体を示す。溶接部はグラインダで仕上げ、複数個の応力腐食割れ（Stress Corrosion Cracking 以下、SCC と記す。）によるき裂を付与した。

図5に試験結果のCスコープと欠陥自動抽出結果を示す。同図（a）に示すCスコープ画像は、プローブを検査面に沿って1走査して得られた結果である。色調はECT信号の検出電圧に対応する。画像から試験体に設けた5個のSCCき裂を確認できるが、全体的に表面の凹凸によるノイズ信号が含まれることが分かる。

同図（b）に欠陥抽出結果を示す。これは（a）のECT信号のVとHモードの位相関係を分析し、欠陥の特徴を示す部分を抽出した結果である。これよ

り、5個のSCCき裂を正確に把握できること、ノイズ信号を除去できることが分かる。以上より、曲面形状の溶接部においても、測定及び欠陥の識別ができることが検証できた。

4. 結言

渦電流アレイプローブを利用した曲面形状溶接部の表面欠陥検査について、可とう性を有するプローブ、欠陥とノイズ信号を識別する技術を開発した。実機形状模擬試験体を用いた検証試験により、本技術の有効性を確認した。

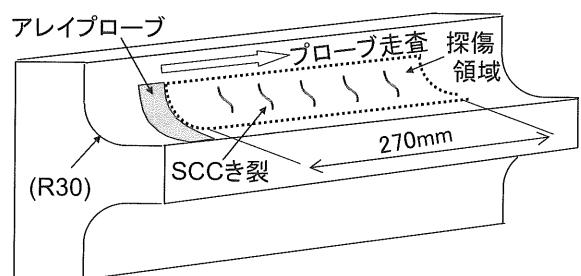


図4 シュラウドサポート溶接部模擬試験体

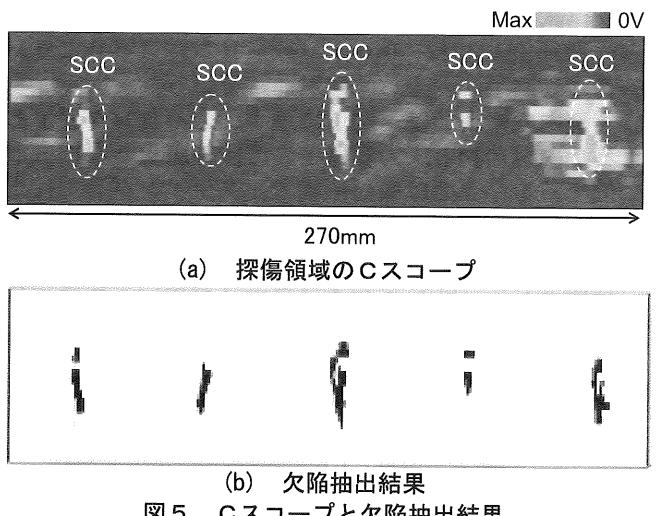


図5 Cスコープと欠陥抽出結果

参考文献

- [1] 野中善夫, 小田倉満, 大内弘文, 小池正浩, 西水亮, “高経年化原子力発電プラントの原子炉内渦電流探傷技術,” 日本保全学会第4回学術講演会要旨集, 81-82 (2007)
- [2] A. Nishimizu, H. Endo, M. Tooma, Y. Kometani, H. Ouchi, I. Yoshida, Y. Nonaka, “Development of a Surface Inspection Technique for Core Internal Inspections with an Eddy Current Testing System”, Proc. 7th Int. Conf. on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurized Components, pp. 1036-1042 (2009)